

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-257677

(43)Date of publication of application : 18.10.1990

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 01-079138

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.03.1989

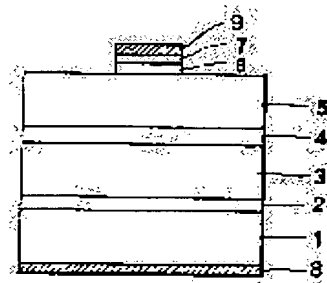
(72)Inventor : KOKUBU YOSHIHIRO
NISHIKAWA YUKIE

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain high brightness remarkably by making the conductivity type of an active layer differ from that of a substrate in a laminate in which the double hetero-junction sections of an $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{yP}$ group material are piled.

CONSTITUTION: In a semiconductor light-emitting diode including a double hetero-junction structure section composed of an N-type clad layer 3, an active layer 4 and a P-type clad layer 5 formed onto a GaAs substrate 1 and consisting of $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{yP}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) shaped so as to be approximately lattice-matched on the GaAs substrate 1, the conductivity type of the active layer 4 is made to differ from that of the GaAs substrate 1. When the active layer 4 takes a P type, Zn is used as the acceptor impurity of the active layer 4, and Mg is employed as the acceptor impurity of the P-type clad layer. Accordingly, a visible-light light-emitting diode having high brightness can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-257677

⑬ Int. Cl.⁵
H 01 L 33/00

識別記号 庁内整理番号
A 7733-5F

⑭ 公開 平成2年(1990)10月18日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 半導体発光ダイオード

⑯ 特 願 平1-79138

⑰ 出 願 平1(1989)3月30日

⑱ 発 明 者 国 分 義 弘 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑲ 発 明 者 西 川 幸 江 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑳ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 代 理 人 弁 理 士 大 胡 典 夫

明 細 書

1. 発明の名称

半導体発光ダイオード

2. 特許請求の範囲

GaAs基板上に、n型クラッド層、活性層、p型クラッド層からなる $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ 系材($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)のダブルヘテロ接合部を積層してなる半導体発光素子において、前記活性層の導電型が基板の導電型と異なることを特徴とする半導体発光ダイオード。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ 系半導体材料($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)を使用した可視光半導体発光ダイオードに関する。

(従来の技術)

$\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ 混晶($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)はGaAsに格子整合するⅢ-V族化合物半導体の中で直接遷移バンドギャップが最も大きいことから可

視光領域の発光素子用材料として注目されている。そして最近、有機金属を用いた化学気相成長法(以下、MOCVD法と略記する)によりGaAs基板上にInGaAlP結晶層を形成することが可能となっており、この技術を利用した可視半導体レーザが報告されている。

可視光領域の発光ダイオードは赤色領域ではGaAlAs系材料を利用することにより高輝度の素子が発現されているが、それより短波長領域ではGaPやGaAsPのような間接遷移型の材料を用いているため赤色領域のものに匹敵するような高輝度のものが実現されていない。

ところで、前述したようにInGaAlP系材料は緑色領域まで直接遷移型のバンド構造を有するため、広い可視光領域にわたって高輝度の発光ダイオードを実現できる可能性をもっている。しかし、これを実現する上で素子の直列抵抗を小さくするため抵抗率の小さいInGaAlPを成長させる必要があるが、抵抗率の小さいInGaAlPを得ることは容易でなく、特にp型層にあっては極めて難しい。p

型層の抵抗率を小さくするためには高濃度の不純物を添加する必要があるが、InGaAsP系材料にあっては高濃度にp型不純物を添加していくと、添加不純物の一部しか電氣的に活性化しない、すなわち活性化率の低下が起こり、キャリア濃度の飽和が生じる。また、活性化率の低下に伴って発光に悪影響を及ぼす欠陥が生成され、発光効率が低下してしまい高輝度の発光素子を実現する上で大きな障害となる。更に、Al組成が大きくなると、添加不純物の取り込まれ率が低下するため、添加できる不純物濃度にも限界がある。また、InGaAsPのキャリアの移動度は比較的小さく、特に正孔の移動度は $10 \sim 20 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ と極めて小さいため、 10^{18} cm^{-3} 程度のドーピングでも抵抗率はあまり低くすることはできない。このためn型GaAs基板上にn型InGaAsPクラッド層、InGaAsP活性層、p型InGaAsPクラッド層の順に積層した構造では、電極から注入された正孔が横方向に広がりにくく、活性層での発光再結合の大部分はp層側電極の下で起こるため、発光はp層側電極の周辺部でしか

観測されず発光の取り出し効率が極めて悪くなる。一方、n型のドーパントは高濃度ドーピングが比較的容易であるので、p型GaAs基板上にp型InGaAsPクラッド層、InGaAsP活性層、n型InGaAsPクラッド層の順に積層した構造が考えられる。InGaAsPの電子の移動度はクラッド層に用いられるAl組成の大きい組成範囲では $100 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 前後とあまり高くなく、注入電流の横方向への広がりを図るにはnクラッド層の厚さを数十 μm 以上と厚くする必要がある。しかし、InGaAsP材料の結晶成長法として適しているMOCVD法でこの程度の厚い膜を成長させることは原理的に不可能ではないが、成長時間が極めて長くなったり、V族原料ガスを極めて大量に流すことが必要になるなど現実的ではない。

(発明が解決しようとする課題)

以上述べたように $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)の半導体材料を用いた発光ダイオードにおいては、発光の取り出し効率が低いことや、低抵抗化のための高濃度ドーピングが難しいなど、

高輝度の素子を実現することは容易でない。

本発明は上記事情を考慮してなされたもので、ダブルヘテロ構造の積層及びp型添加不純物の添加の方法に工夫を加えることにより、高輝度の可視光発光ダイオードを提供することを目的とする。

[発明の構成]

(課題を解決するための手段)

この発明にかかる半導体発光ダイオードは、GaAs基板上に形成されたn型クラッド層、活性層、p型クラッド層からなり、かつ前記GaAs基板上に略格子整合するように形成された $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)からなるダブルヘテロ接合構造部を含む半導体発光ダイオードにおいて、活性層の導電型がGaAs基板の導電型と異なることを特徴とする。また、前記半導体発光ダイオードの活性層がp型である場合には活性層のアクセプタ不純物としてZnを用い、p型クラッド層のアクセプタ不純物としてMgを用いることを特徴とする。さらに、前記活性層中のZnの濃度は、Znの電氣的活性化率がほぼ100%である範囲に設定されている

ことを特徴とするものである。

(作用)

以上説明してきたように、 $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)の発光ダイオードにおいては発光が表面電極の周辺部に限られるという問題点があった。しかし、本発明者らの研究の結果、活性層の導電型をGaAs基板の導電型と異なるようにすることにより、前記の問題点を回避できることがわかった。すなわち、この構造では活性層への少数キャリアの注入がGaAs基板に接しているクラッド層側から行われるため、発光は活性層とGaAs基板に接しているクラッド層との界面近傍で生じる。従ってGaAs基板の裏面の全面に電極を付けておけば前記界面のほぼ全面で発光が生ずることになる。また、p型の活性層を用いる場合には用いる添加不純物の種類の選択に注意を要する。 $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)においては、p型不純物としてMgとZnが挙げられる。Mgドーピングにより 10^{18} cm^{-3} を越えるキャリア濃度がAl組成によらず比較的容易に得られるが、Mgの電

氣的活性率は20%程度と極めて小さく、活性層にHgを添加すると発光効率が低下してしまう。一方Znドーピングでは、第2図に示すようにZn濃度が低い領域では電氣的活性率は100%であるが、高Zn濃度領域では電氣活性率は低下していく。Al組成が大きくなるにつれて活性化率が低下しはじめるZn濃度は低くなる。このため、Znドーピングによって高キャリア濃度を得ることは難しい。

さらに、第3図に示すように、電氣的活性化率が低下しはじめるZn濃度を越えると発光効率が急激に低下することがフォトルミネッセンス評価から明らかになった。以上のようなHgとZnの特徴を考慮して、発光特性が重視される活性層における添加不純物にはZnを用いかつその濃度は電氣的活性率が低下しはじめる濃度以下に設定し、低抵抗化が重視されるp型クラッド層には添加不純物としてHgを用いると良いことがわかった。

(実施例)

以下、本発明の詳細を図示の実施例によって説明する。

～7までの各層を成長したのち、n-GaAs基板の裏面全面にAu-Ge電極を、p-GaAsキャップ層上にはAu-Zn電極を付け、p-GaAsキャップ層およびp-In_{0.5}Ga_{0.5}Pキャップ層のAu-Zn電極部以外の部分はエッチングにより除去している。

上述の積層構造を有する0.3mm×0.3mm角の素子に順方向に電圧を印加し電流を流したところ、550nmにピーク波長を有する緑色発光がAu-Zn電極部を除いた素子全域から観測された。次に、この素子をエポキシ樹脂でモールドした素子を作製し、輝度を測定したところ500mcdをこえる高輝度の緑色発光ダイオードを得ることができた。次に、素子構造は上述と同様にし、活性層のZnのドーピング濃度を変化させた素子を作製し輝度を測定したところ、Znの濃度が電氣的活性率が低下しはじめる $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ をこえると急激に輝度が低下することがわかった。また、活性層の添加不純物としてZnの代りにHgを用いて同様の実験を行ったところ、輝度はZnを用いた場合の1/5程度しか得られなかった。

第1図に本発明の一実施例にかかるp型の活性層を用いる発光ダイオードの概略構造を断面図で示す。図中、1はn-GaAs基板(Siドーブ： $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)であり、この基板1上には層厚0.5μmのn-GaAsバッファ層2(Siドーブ： $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、層厚2μmのn-In_{0.5}Al_{0.5}Pクラッド層3(Siドーブ： $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、層厚0.5μmのp-In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}P活性層4(Znドーブ： $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、層厚2μmのp-In_{0.5}Al_{0.5}Pクラッド層5(Hgドーブ： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、層厚0.05μmのp-In_{0.5}Ga_{0.5}Pキャップ層6(Hgドーブ： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、層厚0.05μmのp-GaAsキャップ層7(Hgドーブ： $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)が順次積層形成されている。そしてn-GaAs基板の裏面には全面にわたってAu-Ge電極8が付けてあり、p-GaAsキャップ層上にはAu-Zn電極9が付けてある。

上述の第1図に示すような構造は、電極を除いて減圧型MOCVD法により成長したものである。成長条件としては、基板温度730℃、反応管内圧力25Torr、成長速度3μm/hである。この方法で1

本発明にかかる発光ダイオードの発光強度は第4図に示すように、通電電流と発光強度との相関を従来品(タイプI)と比較し、本発明(タイプII)は顕著にすぐれた発光強度が得られるものである。

なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。実施例では、p-In_{0.5}Ga_{0.5}Pキャップ層及びp-GaAsキャップ層の添加不純物としてHgを用いたがZnを用いても良い。またp型の活性層を用いたが、n型の活性層を用いる場合にはp型のGaAs基板を用い、この上にp型クラッド層n型活性層、n型クラッド層の順に積層すれば良い。実施例では活性層の組成としてはIn_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}Pを用いたが、Al組成を変化させることによって赤色から緑色域にわたる可視光領域の発光を得ることができる。さらに、クラッド層の組成は実施例ではIn_{0.5}Al_{0.5}Pを用いたが、キャリアの閉じ込めに十分な活性層とのバンドギャップ差があれば良く、この組成に限るものではない。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

〔発明の効果〕

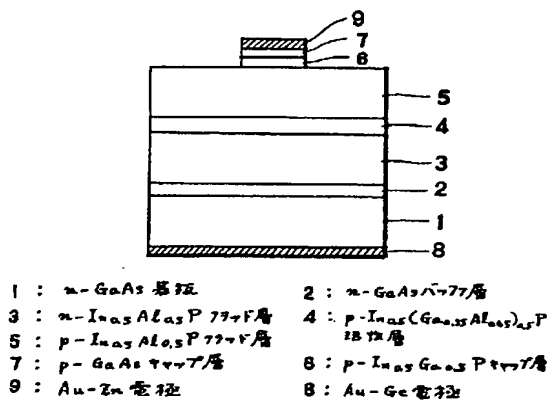
以上説明したように本発明によれば

$\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) 材料を用いた発光ダイオードにおいて、活性層の導電型及びp型添加不純物の種類を規定することにより、第4図に従来の発光ダイオードの発光強度と比較して顕著に高輝度の可視光発光ダイオードを実現することが可能となり、本発明の有用性は大きい。

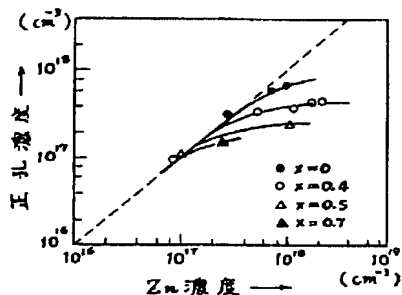
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例に係る半導体発光素子の概略を示す断面図、第2図は $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ におけるZn濃度と正孔濃度との関係を示す特性図、第3図は $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ におけるZn濃度に対するZnの電気的活性化率およびフォトルミネッセンス強度の関係を示す特性図、第4図は発光強度を比較して示す図である。

- 1 ---- n-GaAs基板
- 2 ---- n-GaAsバッファ層
- 3 ---- n- $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ クラッド層
- 4 ---- p- $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 活性層



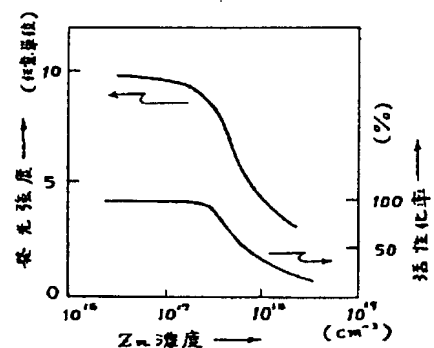
第1図



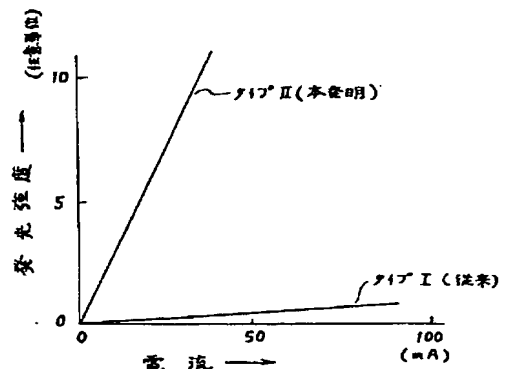
第2図

- 5 ---- p- $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ クラッド層
- 6 ---- p- $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ キャップ層
- 7 ---- p-GaAsキャップ層
- 8 ---- Au-Ge電極
- 9 ---- Au-Zn電極

代理人 弁理士 大 胡 典 夫



第3図



第4図